

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-216681

(43)Date of publication of application : 04.08.2000

(51)Int.Cl.

H03M 5/14

H03M 13/00

(21)Application number : 11-015505

(71)Applicant : TEXAS INSTR JAPAN LTD

(22)Date of filing : 25.01.1999

(72)Inventor : INAMORI MARI

(54) DATA DEMODULATION SYSTEM, DATA DEMODULATING METHOD AND DATA DEMODULATION CIRCUIT**(57)Abstract:**

PROBLEM TO BE SOLVED: To efficiently correct a reproduction error without needing special hardware by converting a specified error channel code into a data code being the same as the one obtained when a corresponding normal channel code is reproduced when the specified error channel code is reproduced.

SOLUTION: A normal channel code having the bit pattern '0010000100100000' is set, and a data code corresponding to it is defined as '00000010'. A bit pattern obtained by shifting, e.g. the upper 8th inverted bit 1 of the bit pattern of the normal channel code to lower (right) position by one digit or a bit pattern obtained by shifting the upper 3rd inverted bit 1 to upper (left) position by one digit is defined as a specified error channel code corresponding to the normal channel code. And, the same data code is also made to correspond to these error channel codes. Even when a channel code inputted to a conversion table is the specified error channel code, consequently, the same data code '00000010' is outputted.

正規チャネル符号	データ符号
"0010000100100000"	→ "00000010"
対応する誤りチャネル符号	データ符号
"0011000100100000"	→ "00000010"
"0100000100100000"	→ "00000010"

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

*** NOTICES ***

JPO and NCIPJ are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.*** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] Change the data sign of N bit into a M bits ($M > N$) channel sign, and it is recorded or transmitted in an NRZI format. It is a data recovery method in the digital modulation which changes the reproduced M-bit channel sign into the data sign of N bit. To the translation table for the recovery for changing a channel sign into it and a corresponding data sign The channel sign which has the bit pattern which only a predetermined digit shifts one piece or two or more reversal bits to a high order or low order, respectively, and is obtained in the bit pattern of a normal channel sign is set up as a specific error channel sign corresponding to said normal channel sign. It is the data recovery method which changed said specific error channel sign into the same data sign as the time of it and said corresponding normal channel sign being reproduced in said translation table when said specific error channel sign was reproduced.

[Claim 2] Change the data sign of N bit into a M bits ($M > N$) channel sign, and it is recorded or transmitted in an NRZI format. with the 1st step which creates the table corresponding to the sign which is the data recovery approach in the digital modulation which changes the channel sign of reproduced M bit into the data sign of N bit, and matched the normal channel sign and the data sign The 2nd step which identifies the reversal bit contained in said normal channel sign, The 3rd step which only a predetermined digit makes shift to a high order or low order the reversal bit chosen in the bit pattern of said normal channel sign, The channel sign which has the bit pattern obtained by said 3rd step is made into the specific error channel sign corresponding to said normal channel sign. The 4th step which adds said specific error channel sign to said table corresponding to a sign so that it may be matched with the data sign corresponding to said normal channel sign, The data recovery approach of having the 5th step which creates the translation table for the recovery for changing a channel sign into a data sign [/ , based on said table corresponding to a sign obtained by said 4th step] with it.

[Claim 3] The 6th step which judges whether the bit pattern obtained by said 3rd step is in agreement with the bit pattern of one of normal channel signs, When a judgment result that it is in agreement with neither of the bit patterns of the normal channel signs at said 6th step is obtained, the channel sign concerned is made into the specific error channel sign corresponding to said normal channel sign. It is the data recovery approach according to claim 2 of having the 7th step which removes the channel sign concerned from a specific error channel sign when a judgment result that it is in agreement with the bit pattern of one of normal channel signs at said 6th step is obtained.

[Claim 4] It is the data demodulator circuit which changes into the data sign of N bit ($M > N$) the M-bit channel sign reproduced in the NRZI format. While having a translation table for the recovery for changing each channel sign into it and a corresponding data sign and setting a normal channel sign as said translation table The channel sign which has the bit pattern which only a predetermined digit shifts one piece or two or more reversal bits to a high order or low order, respectively, and is obtained in the bit pattern of said normal channel sign is set up as a specific error channel sign corresponding to said normal channel sign. When the playback channel sign corresponding [a bit pattern's / one of normal channel signs and] is inputted When the playback channel sign which outputs the data sign corresponding to the normal channel sign, and

corresponds is inputted The data demodulator circuit which outputs the same data sign as the time of the normal channel sign corresponding to the specific error channel sign being inputted.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the digital modulation which performs code translation among two kinds of signs from which the number of bits differs, and relates to the technique of making a detail reducing the appearance probability of a playback error to a recovery side, more.

[0002]

[Description of the Prior Art] Radical Motoshara ** of EFM (Eight to Fourteen Modulation) well used for drawing 12 and drawing 13 to a digital recording regeneration system is shown.

[0003] The record signal-processing section 100 carries out A/D conversion of the analog signal according to the application which should be recorded, for example, generates a 8-bit data sign (data bit), and adds an error correcting code to this per a predetermined frame or block.

[0004] The eight-to-fourteen modulation section 102 changes the 8-bit data sign from the record signal-processing section 100 into a 14-bit channel sign (channel bit), as shown in drawing 13. The possible data sign [all (28= 256 kinds)] and the channel sign of the same number (256 pieces) which corresponds, respectively are set to the conversion (coding) table prepared in the eight-to-fourteen modulation section 102 for this code translation with the predetermined bit pattern.

[0005] In a channel sign, the bit of a logical value 1 is a reversal bit which shows record or reversal of the logical level of a transmission wave. Between two adjacent reversal bits 1 and 1, two or more pieces and ten 0 or less must be inserted so that the conditions of a RLL (Run-Length Limited) sign may be fulfilled. For this reason, 256 patterns which fulfill the above-mentioned RLL sign condition are chosen as the channel signs of EFM from 214= 16384 kinds of patterns in all.

[0006] Since the channel sign generated by eight-to-fourteen modulation has the signal wave form of NRZ (Non Return to Zero), after changing this into the signal wave form of NRZI (Non Return to Zero Inverted), in the record playback section 104, it records on a record medium by predetermined recording methods (for example, an optical recording method, a magnetic-recording method, etc.).

[0007] In a playback side, since the regenerative signal read from the record playback section 104 is an NRZI wave, it changes into the channel sign of an NRZ wave in the EFM recovery section 106, and each reproduced channel sign (14 bits) is changed into this and a corresponding data sign (8 bits). For this code translation, the conversion (decryption) table on which input/output relation is reverse with the conversion (coding) table of the eight-to-fourteen modulation section 102 is prepared in the EFM recovery section 106.

[0008] After the regenerative-signal processing section 108 performs error correction processing to the data sign reproduced in the EFM recovery section 106 first, it performs necessary digital signal processing according to application, and changes it into an analog signal if needed.

[0009] Also in a digital transmission system, it only differs greatly in that the record playback section 104 replaces a transmission-line system, and the contents of operation (application) of

EFM are almost the same.

[0010]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] By an actual record reversion system or an actual transmission system, a channel sign is not sometimes plentifully reproduced by degradation of the defect of a transmission line or dirt, various cause, for example, record medium, and a signal, turbulence, or fluctuation with a bit pattern as recorded. For example, the channel sign which must be essentially reproduced by the pattern of "01000001001000" by the example of drawing 13 may be reproduced by the random error by the pattern of "01000001010000."

[0011] In the EFM recovery section 106, when the playback channel sign of the pattern (EFM AUTOOBU table) which is not registered into a conversion (decryption) table is inputted, it considers as conversion impossible and a predetermined error sign is generated. In this case, it is possible to amend the mistaken playback pattern "01000001010000" to a right pattern "01000001001000" by error correction processing in the regenerative-signal number processing section 108.

[0012] However, if playback or transmission speed is made high, for example, since the frequency, i.e., the occurrence frequency of an EFM AUTOOBU table, which an error generates so much will increase, it becomes impossible to catch up error correction processing with it and correcting becomes impossible as a result, there is a possibility that the dependability of a system may fall.

[0013] This invention was made in view of the trouble of the above conventional techniques, and in case it changes a channel sign into a data sign (recovery), it aims at offering the data recovery method in the digital modulation which corrected the playback error, the data recovery approach, and a data demodulator circuit.

[0014] Moreover, this invention aims at offering the data recovery method in the digital modulation which corrected the playback error efficiently, the data recovery approach, and a data demodulator circuit, without needing increase of special hardware.

[0015] Furthermore, this invention makes the appearance probability of a playback error low before an error correction, mitigates the burden of an error correction and aims at offering the data recovery method in the digital modulation it was made to raise the dependability of record playback or a transmission system, the data recovery approach, and a data demodulator circuit.

[0016]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned purpose, the 1st data recovery method of this invention Change the data sign of N bit into a M bits ($M > N$) channel sign, and it is recorded or transmitted in an NRZI format. It is a data recovery method in the digital modulation which changes the reproduced M-bit channel sign into the data sign of N bit. To the translation table for the recovery for changing a channel sign into it and a corresponding data sign The channel sign which has the bit pattern which only a predetermined digit shifts one piece or two or more reversal bits to a high order or low order, respectively, and is obtained in the bit pattern of a normal channel sign is set up as a specific error channel sign corresponding to said normal channel sign. When said specific error channel sign was reproduced, in said translation table, it considered as the method which changes said specific error channel sign into the same data sign as the time of it and said corresponding normal channel sign being reproduced.

[0017] Change the data recovery approach of this invention into a M bits ($M > N$) channel sign, and it records or transmits the data sign of N bit in an NRZI format. with the 1st step which creates the table corresponding to the sign which is the data recovery approach in the digital modulation which changes the channel sign of reproduced M bit into the data sign of N bit, and matched the normal channel sign and the data sign The 2nd step which identifies the reversal bit contained in said normal channel sign, The 3rd step which only a predetermined digit makes shift to a high order or low order the reversal bit chosen in the bit pattern of said normal channel sign, The channel sign which has the bit pattern obtained by said 3rd step is made into the specific error channel sign corresponding to said normal channel sign. The 4th step which adds said specific error channel sign to said table corresponding to a sign so that it may be matched with the data sign corresponding to said normal channel sign, It considered as the approach of having the 5th step which creates the translation table for the recovery for changing a channel sign into

it and a corresponding data sign based on said table corresponding to a sign obtained by said 4th step.

[0018] The data demodulator circuit of this invention is a data demodulator circuit which changes into the data sign of N bit ($M > N$) the M-bit channel sign reproduced in the NRZI format. While having a translation table for the recovery for changing each channel sign into it and a corresponding data sign and setting a normal channel sign as said translation table The channel sign which has the bit pattern which only a predetermined digit shifts one piece or two or more reversal bits to a high order or low order, respectively, and is obtained in the bit pattern of said normal channel sign is set up as a specific error channel sign corresponding to said normal channel sign. When the playback channel sign corresponding [a bit pattern's / one of normal channel signs and] is inputted When the playback channel sign which outputs the data sign corresponding to the normal channel sign, and corresponds is inputted It considered as the configuration which outputs the same data sign as the time of the normal channel sign corresponding to the specific error channel sign being inputted.

[0019]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the example of this invention is explained with reference to drawing 1 - drawing 11 .

[0020] The main configurations of the DVD (Digital Versatile Disk) regenerative apparatus which applied one example of this invention to drawing 1 are shown.

[0021] The DVD disk 10 is an optical disk which has a feed hole, and the track which arranged the train of a pit in concentric circular (the shape of a spiral [Strictly]) is formed in the signal recording surface (one side or both sides).

[0022] In DVD, EFMplus is adopted as a digital modulation (record coding or transmission-line coding) method. EFMplus is a modulation technique which performs code translation between a 8 bits data sign and a 16-bit channel sign. By EFMplus as well as EFM, in a channel sign, 0 of a noninverting bit is inserted between 1 and 1 of a reversal bit, at two or more pieces and ten pieces or less so that RLL sign condition may be fulfilled.

[0023] Therefore, if it sees about a record wave (signal wave form of NRZI), the pattern of a channel sign will turn into a wave pattern with which the level of a logical value 1 and the level of a logical value 0 interchange by turns by nine kinds of the length of $3T-11T$ (T is the die length for 1 bit), respectively. Corresponding to this, the train of a pit is formed on the track of the DVD disk as a record medium by nine kinds of pit length, and nine kinds of land length (the die length of the part which is not a pit).

[0024] Thus, the data by which digital modulation was carried out by the EFMplus method are beforehand recorded on the signal recording surface of the DVD disk 10 with the gestalt of the pit train on a track. The data recorded may be dynamic-image data containing audio data, when this DVD regenerative apparatus is a movie player, and in a ROM drive, you may be data of the arbitration treated by common computer.

[0025] The spindle combined with the revolving shaft of a spindle motor 12 is equipped with the DVD disk 10, and it rotates with a predetermined linear velocity with a CLV (Constant Linear Velocity) method at the time of signal regeneration.

[0026] It counters with the signal recording surface of the DVD disk 10, and the movable optical pickup 14 is formed in the disk radial. An optical pickup 14 irradiates a laser beam LB at a signal recording surface, in order to read the pit of a disk 10 optically, it detects and carries out photo electric conversion of the reflected light from a signal recording surface, and generates the electrical signal or RF signal which has a wave corresponding to the concavo-convex pattern of a pit train.

[0027] The RF signal outputted from the optical pickup 14 is supplied to RF amplifier 16, and is made binary by the NRZI wave here (waveform shaping). Furthermore, in RF amplifier 16, the focal error signal E_f and the tracking error signal E_t are also generated from a RF signal.

[0028] The servo controller 18 adjusts the location of an optical pickup 14 so that the beam spot of a laser beam LB may converge on a pit correctly on a disk 10 and a track (pit train) may be correctly pursued based on the focal error signal E_f and the tracking error signal E_t from RF amplifier 16 (a focus/tracking servo), and it controls the rotational speed of a spindle motor 12

to read the pit on a truck with a still more fixed linear velocity (spindle servo).

[0029] RF signal Srf of an NRZI wave from RF amplifier 16 is supplied to the clock regenerative circuit 20 and the synchronizing signal detector 22. The clock regenerative circuit 20 consists of PLL (Phase Locked Loop), and reproduces EFM clock signal CK which synchronized with RF signal Srf. The synchronizing signal detector 22 detects a frame alignment signal from RF signal Srf based on clock signal CK, and generates timing signal TM for a recovery.

[0030] The 16-bit channel sign C (16) is reproduced, and the EFM demodulator circuit 24 changes the reproduced channel sign C (16) into the 8-bit data sign D (8) from RF signal Srf so that RF signal Srf and timing signal TM from clock signal CK and the synchronizing signal detector 22 from the clock regenerative circuit 20 may be inputted and mentioned later.

[0031] The playback data sign D (8) obtained from the EFM demodulator circuit 24 is once stored in RAM28. In a predetermined procedure, an error sign will be detected and the error correction circuit 26 will be corrected, if the synchronizing signal of a sector unit and an ECC block unit is detected and the playback data sign D for 1EEC block (8) is stored in RAM28.

[0032] The data sign D (8), i.e., a digital signal, to which the error correction was given is transmitted to an MPEG decoder (in the case of a movie player), or a host computer (in the case of a ROM drive) through an interface circuitry (I/F) 30 in the error correction circuit 26.

[0033] The configuration of the EFM demodulator circuit 24 in this example is shown in drawing 2. This EFM demodulator circuit 24 has the NRZ conversion circuit 32, the serial-parallel (SP) conversion circuit 34, the delay circuit 36, OR circuit 38, and the translation table 40. The translation table 40 consists of ROMs (Read Only Memory).

[0034] The NRZ conversion circuit 32 changes the inputted RF signal of an NRZI format into the serial data of an NRZ format. Specifically, NRZI→NRZ is changed by the exclusive-OR (ExOR) operation of an input RF signal and the signal which delayed one clock of them.

[0035] The serial-parallel conversion circuit 34 makes the 16-bit parallel data which changed and changed 16 bits of serial data of an NRZ format at a time into parallel data the playback channel sign C (16) based on timing signal TM on the basis of the frame alignment signal from the synchronizing signal detector 22.

[0036] The channel sign C (16) generated by the serial-parallel conversion circuit 34 is inputted into the delay circuit 36. Moreover, two bits, the most significant of the channel sign C (16) and the 4th low order, are inputted into OR circuit 38.

[0037] Therefore, the output (1 bit) of OR circuit 38 showing the channel sign C (16) delayed by one symbol in the delay circuit 36, its following symbol, or the 2-bit OR of the most significant and the 4th low order in the channel sign C (16) is inputted into a translation table 40 at coincidence.

[0038] EFMplus The same channel sign may be set up to the data sign from which plurality differs then. For this reason, a translation table consists of 4 sets of unit tables.

[0039] In the conversion (coding) table by the side of the eight-to-fourteen modulation section for changing the data sign D (8) into a channel sign (16), four tables are changed by the structure it is decided that the table used at every one code translation by the degree will be.

[0040] Since the data sign from which plurality differs to the channel sign which inputted the channel sign (16) on the other hand in the conversion (decryption) table by the side of the EFM recovery section for changing into the data sign D (8) (playback) may exist, the value (OR) of the most significant bit of the symbol after one (channel sign) and the bit of the 4th low order is seen, and is changed to the corresponding table.

[0041] Also in this example, a translation table 40 may consist of 4 sets of tables as mentioned above, and may have the function to perform the above table changes according to the output of OR circuit 38. But there is no theme of this invention in such a table change function, and it is in each DS thru/or code translation function of a table. Therefore, below, it considers that translation tables 40 are 1 set of tables, and they are explained.

[0042] A translation table 40 makes the input address the inputted channel sign C (16), and reads and outputs, Data (8) D, i.e., the 8-bit data sign, stored in the storage address of ROM specified in the address.

[0043] The translation table 40 of this example stores the data sign corresponding to the normal

channel sign concerned in the storage address of ROM directed to each value in each address which assigned the address of ROM and was assigned about all of the normal channel signs used or chosen as the coding table of the eight-to-fourteen modulation section (not shown). Therefore, when one of the normal channel signs C (16) is inputted into a translation table 40, the data sign D (8) corresponding to the normal channel sign C (16) is outputted from a translation table 40.

[0044] Furthermore, while the translation table 40 of this example defines one piece or two or more non-normal channel signs which have a bit pattern near the bit pattern about each of all or some normal channel signs as a specific error channel sign corresponding to the normal channel sign concerned and also assigning a ROM address to the value of these specification error channel sign, the data sign corresponding to the above-mentioned normal channel sign is stored in the storage address of ROM of those assigned addresses.

[0045] For example, as shown in drawing 3, the normal channel sign which has the bit pattern of "0010000100100000" is set up, and suppose that the data sign corresponding to this is "00000010." In this example, the bit pattern "0100000100100000" which comes to shift to a high order (left) the bit pattern "0010000010100000" which comes to shift the single figure reversal bit 1 of the 8th high order to low order (right), or the single figure reversal bit 1 of the 2nd high order is defined as the specific error channel sign corresponding to the normal channel sign concerned in the bit pattern of this normal channel sign. And the same data sign "00000010" as these error channel signs "0010000010100000" and "0100000100100000" is made to correspond.

[0046] therefore, each which is in agreement with the value (bit pattern) of the above-mentioned normal channel sign and the above-mentioned specific error channel sign corresponding to this in ROM of a translation table 40, respectively as the memory map of drawing 4 shows -- memory addresses Aj, Ai, and Ak are assigned and the same data sign "00000010" is stored in these memory addresses Aj, Ai, and Ak.

[0047] Thereby, of course, when the channel sign C (16) inputted into the translation table 40 is the above-mentioned normal channel sign "0010000100100000", even when it is the above-mentioned specific error channel sign "0010000010100000" and "0100000100100000", the data sign "00000010" more nearly same than a translation table 40 is outputted.

[0048] In addition, when the channel sign C (16) which does not correspond to which normal channel sign and which specific error channel sign is inputted into a translation table 40, the error sign which processes as an EFM AUTOBU table, for example, has the bit pattern of "11111111" ("FF") is outputted.

[0049] As described above, by the EFMplus method adopted with DVD, only a bit pattern in which two or more pieces and ten noninverting bits 0 or less are [the 16-bit channel sign] contained between 1 and 1 of a reversal bit out of $2^{16} = 65536$ kinds is chosen as the channel sign of the normal for record playback. And since record playback is carried out in an NRZI format, when this channel sign sees about the signal wave form of NRZI, it has a wave pattern which interchanges by turns by nine kinds of the length the level of a logical value 1 and whose level of a logical value 0 are 3T-11T, respectively.

[0050] There are many errors which 1 of a reversal bit shifts also in the various error which appears at the time of playback under the conditions of such an EFMplus method. They are a lifting and a cone about a jitter at PLL for clock playback in that frequency characteristics deteriorate in carrying out high-speed rotation of the disk 10 and gathering reproduction speed especially ****.

[0051] For example, if gain falls by degradation of frequency characteristics in a high region, the data stream with a high frequency called 3T pattern will be reproduced on low level, and the standup property of a playback RF signal will tend to deteriorate.

[0052] When it becomes so, as shown in drawing 5, in an NRZI wave, the 3T pattern "01110" is set to "00110", and may be reproduced. When this kind of error is seen about an NRZ format, it is what 1 [single figure] of the most significant digit shifted to low order (right) in the 3T pattern "1001."

[0053] Moreover, if PLL is confused under the effect of degradation of the phase characteristic

of a reversion system, a noise, etc., as shown, for example in drawing 6 , in an NRZI wave, “—0011 —” and RF data which should be reproduced may be correctly reproduced accidentally with “—0111 —.” If it sees about an NRZ format, the pattern “—010 —” will be correctly mistaken to the pattern “—100 —.” That is, it is what 1 [single figure] of a reversal bit shifted to the high order (left).

[0054] In addition, at drawing 5 and drawing 6 , it is shown in the signal wave form before making a RF signal binary (waveform shaping).

[0055] Thus, at the regeneration system of DVD, when it sees about the channel sign restored to the NRZ format, there are many errors which have set to the bit pattern of the normal channel sign which should be reproduced essentially, and a gap or one or more reversal bits 1 shifted to a high order (left) or low order (right). Presumption or deduction of an original (normal) bit pattern of such an error is made possible, without being accompanied by special redundant code and other special signs directly that is, from the bit pattern itself.

[0056] In the DVD regenerative apparatus of this example on the conversion (decryption) table 40 for an EFM recovery It not only sets up the normal channel sign used or chosen on the coding table for eight-to-fourteen modulation, but The predetermined non-normal channel sign which has the bit pattern of a normal channel sign and the bit pattern (only shifted a little 1 of a reversal bit to the detail) with which only a few is different is also set up as a specific error channel sign. The same data sign as the normal channel sign of each class and a specific error channel sign is assigned.

[0057] And the data sign D (8) currently assigned to this normal channel sign when the inputted bit pattern of the playback channel sign C (16) is in agreement with the bit pattern of one of normal channel signs is outputted. When the bit pattern of the playback channel sign C (16) is in agreement with the bit pattern of one of specific error channel signs The same data sign D (8) as being assigned to this normal channel sign corresponding to the data sign D (8), i.e., the specific error channel sign, currently assigned to the specific error channel sign of **** is outputted.

[0058] By the error correction function in such a translation table 40, the appearance probability of an EFM AUTOOBU table decreases sharply, and allowances are born that much to the correction capacity of the latter error correction circuit 26. For this reason, also in the time of high-speed playback, stability and powerful error correction actuation can be guaranteed, and a reliable DVD regeneration system can be offered.

[0059] Next, data processing for determining the channel sign C(16)-data sign D (8) set as the translation table 40 of this example per drawing 7 - drawing 10 is explained.

[0060] As shown in drawing 7 , the system for setting up this table sign can consist of CPU42, program memory 44, a working memory 46, an input unit 48, and an interface circuitry (I/F) 50. The program for performing the procedure of drawing 8 - drawing 10 mentioned later is stored in program memory 44. A working memory 46 may be RAM (Random Access Memory) equipment which consists of semiconductor memory or a magnetic disk. Various kinds of peripheral devices which are not illustrated may be connected to an interface circuitry (I/F) 50.

[0061] In this system, a specific error channel sign is typified according to a pattern, priority is given to each **, and setting registration is carried out from the higher one of priority at order. What has set to the bit pattern of ** normal channel sign, and a gap or one single figure reversal bit 1 shifted to low order (right) in this example, ** What has set to the bit pattern of a normal channel sign, and a gap or one single figure reversal bit 1 shifted to the high order (left), ** Choose three types, although it has set to the bit pattern of a normal channel sign and the reversal bits 1 and 1 of the both ends of a gap or 1 set of 3T patterns (“1001”) shifted a single figure to coincidence inside, and carry out setting registration of the specific error channel sign at the ranking of **, **, and **.

[0062] The procedure of setting processing to the type of the above-mentioned ** is shown in drawing 8 . In addition, in advance of setting processing, two tables 60 and 70 corresponding to a sign are prepared on a working memory 46. And normal channel sign [all (256 sets)] C used or chosen by eight-to-fourteen modulation (16) And the data sign D (8) is set to both the tables 60 and 70 in the table format which gave the correspondence relation between each sign (C(16)-D (8)). Normal channel sign C of such original (256 sets) (16) And the data sign D (8) is obtained as

a format (known data), and is loaded to both the tables 60 and 70 through an interface circuitry 50 from an input device 48 or an external peripheral device (set).

[0063] Among the tables 60 and 70 corresponding to both signs, one table 60 is maintained without changing or updating the contents of registration, and the table 70 of another side carries out setting registration of the specific error channel sign, and updates the contents of registration for whenever [the / every].

[0064] drawing 8 -- setting -- first -- a table -- 60 -- storing -- having -- **** -- one -- a position -- a group -- normal -- a channel -- a sign -- C -- (-- 16 --) -- " -- 0010010000010000 -- " -- and -- data -- a sign -- D -- (-- eight --) -- " -- 00000000 -- " -- reading (step S1) .

[0065] Next, the bit pattern of that read normal channel sign C (16) is searched for example, from a most-significant side, and one 1 (this example 1 of the digit of the 3rd high order) of a reversal bit is found (step S2).

[0066] Next, the single figure of this found reversal bit 1 is shifted to low order (right), and the bit pattern "0001010000010000" obtained by it is held as specific error channel sign candidate C (16) ' (step S5).

[0067] Subsequently, this specific error channel sign candidate C (16) ' is compared with the normal channel sign C in a table 60 (16) (step S6). (collating)

[0068] If it is checked by which normal channel sign C (16) as a result of this collating that it is not a match This specific error channel sign candidate C (16) ' is recognized as a specific error channel sign. this -- the normal channel sign C concerned -- (the data sign D(8 [same] "00000000" as 16)) is matched, and this new 1 set of sign C (16) ' and D (8) are added to a table 70 (step S9).

[0069] And it returns to search processing of step S2 again, the following reversal bit 1 is found out, and the same processing as the above is repeated about the reversal bit 1. In addition, by collating of step S6, when specific error channel sign candidate C (16) ' is a match at one of the normal channel signs C (16), registration of this specific error channel sign candidate C (16) ' is canceled (step S7-> S8). Moreover, when the following reversal bit 1 is not found in search processing (step S2), the processing about the normal channel sign C of this head (16) is ended, and it moves to the processing to the 2nd following normal channel sign C (16) (step S3 ->S4).

[0070] two -- a position -- normal -- a channel -- a sign -- C -- (-- 16 --) -- " -- 0100001001000010 -- " -- and -- data -- a sign -- D -- (-- eight --) -- " -- 00000001 -- " -- - ***** -- the above -- being the same -- a procedure -- a single string -- processing -- carrying out (step S1-> ->S10) . The same is said of 3rd henceforth.

[0071] consequently -- if the processing to the last (the 256th) group is completed -- a table 70 -- all the normal channel signs as original data -- in addition, it has set to the bit pattern of a normal channel sign, and additional registration of all the non-normal channel signs that have the bit pattern which shifts a gap or one single figure reversal bit 1 to low order (right), and is obtained is carried out as a specific error channel sign.

[0072] The procedure of setting processing to the type of the above-mentioned ** is shown in drawing 9 . This procedure is the same as the procedure (drawing 8) to type ** which described 1 of a reversal bit above except for the point shifted to a high order (left) a single figure, and the point that it is a normal channel sign in a table 70, and the specific registered error channel sign which are compared with specific error channel sign candidate C (16) ' at step S16 (collating), at step S15.

[0073] Consequently, termination of the procedure (drawing 9) to this type ** carries out additional registration of the non-normal channel sign which corresponds to the above-mentioned type **, and does not correspond to a normal channel sign at the above-mentioned type **, either as a specific error channel sign at a table 70.

[0074] The procedure of setting processing to the type of the above-mentioned ** is shown in drawing 10 . In step S25 of this procedure, the bit pattern which shifts the single figure reversal bits 1 and 1 of the both ends of 3T pattern ("1001") inside at coincidence, and is obtained cannot be in the bit pattern of the specific error channel sign of type ** by which additional registration is carried out previously, and ** not to mention not existing in the bit pattern of a

normal channel sign, either. Therefore, setting registration is carried out immediately at a table 70, without performing collating with the pattern registered [these] (step S26).

[0075] It is possible to carry out additional registration at a table 70 by making into a specific error channel sign the non-normal channel sign which has a various error pattern besides the above-mentioned three type **, **, and **. For example, a bit pattern which coincidence is made to shift all the reversal bits 1 to a high order (left) or low order (right) in the bit pattern of a normal channel sign, and is obtained can also be considered as a specific error channel sign. Moreover, it is also possible to make a shift amount into double or more figures. But when the range of the specific error channel sign corresponding to one normal channel sign is extended too much, other distance relation or contradiction relation with a normal channel sign may become complicated, and an accurate error correction may become difficult.

[0076] The table 70 corresponding to the sign obtained with the above data processing system (drawing 7) may be accumulated in a suitable storage. And the translation table 40 of the eight-to-fourteen modulation circuit 24 in this example may be created based on this table 70 corresponding to a sign.

[0077] An example of the manufacture process for creating the translation table 40 in this example is shown in drawing 11 . When manufacturing a translation table 40 as a mask ROM, ROM program data can be created based on the table 70 corresponding to a sign in the phase of a function and a logical design 74. In this case, this mask ROM is programmed in the wafer process of the LSI manufacture 80, and a translation table 40 is created.

[0078] In addition, the address which is not assigned to a normal channel sign and a specific error channel sign among ROM addresses is used as an EFM AUTOOBU table, and writes the data ("FF") of an error sign in the storage address of ROM specified in these addresses.

[0079] In the DVD regenerative apparatus of this example, the clock regenerative circuit 20, the synchronizing signal detector 22, the eight-to-fourteen modulation circuit 24, the error correction circuit 26, and an interface circuitry 30 can be manufactured as LSI of one chip.

[0080] Although the suitable example of this invention was explained above, this invention is not limited to the above-mentioned example, and deformation various by within the limits of the technical thought is possible for it.

[0081] In the above-mentioned example, the value of each channel sign registered into a translation table 40 was used for the ROM address as it was. However, a registration channel sign and a ROM address may be made to correspond by the approach of being an indirect method, for example, making predetermined offset intervening.

[0082] It is also possible to constitute a translation table 40 from programs ROM and EEPROM etc., and to constitute from RAM. Moreover, of course, it is also possible to constitute a translation table 40 from a logic array instead of memory.

[0083] Conventionally, the decoder circuit for DVD which reduced the playback error using the BIDABI algorithm (maximum likelihood decoding method) is known. This kind of decoder circuit needs a high-speed A/D converter, and its circuit scale is also large. On the other hand, in this example, a playback error is effectively reduced without the increment in hardware by the device of the code translation method in the translation table 40 for decode. But it is also possible to use together the translation table 40 by the decoder circuit and this example of a BIDABI method.

[0084] Although the error correction which used the error correcting code (parity) is generally performed usually at digital modulation, this invention can be applied to various kinds of systems independently of the error correction of a parity method.

[0085] Although the above-mentioned example started the DVD regenerative apparatus, this invention is applicable also to the digital recording regeneration system, for example, CD (Compact Disc) system, and digital transmission system of arbitration besides being similar to an EFM method and this (it being substantially equal).

[0086]

[Effect of the Invention] As explained above, according to this invention, a playback error can be corrected in case a channel sign is changed into a data sign (recovery). This invention does not need increase of special hardware. Moreover, when performing the error correction based on an

error correcting code, the appearance probability of a playback error can be made low before an error correction, and the burden of an error correction can be mitigated. According to this invention, the dependability of record playback or a transmission system can be raised.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JP0 and NCIP1 are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the block diagram showing the main configurations of the DVD regenerative apparatus by one example of this invention.

[Drawing 2] It is the block diagram showing the configuration of the eight-to-fourteen modulation circuit in an example.

[Drawing 3] It is drawing for explaining the setting approach of the specific error channel sign in an example.

[Drawing 4] It is drawing showing arrangement of the address and the stored data which are set as ROM of a modulation table in an example.

[Drawing 5] It is drawing showing the playback error by degradation of a RF signal to a signal wave form and timing.

[Drawing 6] It is drawing showing the playback error by degradation of a clock to a signal wave form and timing.

[Drawing 7] It is the block diagram showing the hardware configuration of the system for determining the specific channel sign by which setting registration is carried out on a modulation table in an example.

[Drawing 8] It is the flow chart Fig. showing the 1st procedure for determining the specific channel sign by which setting registration is carried out on a modulation table in an example.

[Drawing 9] It is the flow chart Fig. showing the 2nd procedure for determining the specific channel sign by which setting registration is carried out on a modulation table in an example.

[Drawing 10] It is the flow chart Fig. showing the 3rd procedure for determining the specific channel sign by which setting registration is carried out on a modulation table in an example.

[Drawing 11] It is drawing showing the example of a manufacture process for creating the translation table in an example.

[Drawing 12] It is a block diagram for explaining radical Motoshara ** of EFM.

[Drawing 13] It is a signal waveform diagram for explaining radical Motoshara ** of EFM.

[Description of Notations]

10 DVD Disk

14 Optical Pickup

16 RF Amplifier

22 Synchronizing Signal Detector

24 EFM Demodulator Circuit

26 Error Correction Circuit

28 RAM

32 NRZ Conversion Circuit

34 Serial-Parallel Conversion Circuit

36 Delay Circuit

38 OR Circuit

40 Translation Table

42 CPU

44 Program Memory

48 Input Unit

60 70 Table corresponding to a sign

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-216681

(P2000-216681A)

(43) 公開日 平成12年8月4日 (2000.8.4)

(51) Int.Cl.⁷

H 0 3 M 5/14
13/00

識別記号

F I

H 0 3 M 5/14
13/00

テーマコード (参考)

5 J 0 6 5

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願平11-15505

(22) 出願日 平成11年1月25日 (1999.1.25)

(71) 出願人 390020248

日本テキサス・インスツルメンツ株式会社
東京都新宿区西新宿六丁目24番1号

(72) 発明者 稲守 眞理

東京都港区北青山3丁目6番12号 青山富士ビル 日本テキサス・インスツルメンツ株式会社内

(74) 代理人 100086564

弁理士 佐々木 聖孝

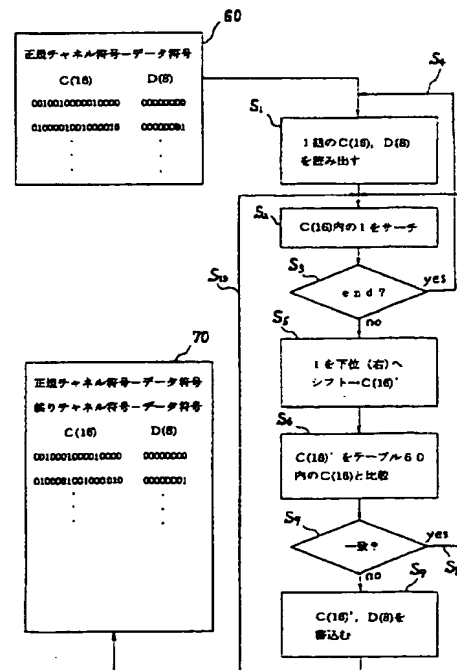
Fターム (参考) 5J065 AA01 AB01 AC03 AD03 AE06
AF02 AH04 AH06 AH08 AH14
AH18

(54) 【発明の名称】 データ復調方式、データ復調方法及びデータ復調回路

(57) 【要約】

【課題】 チャネル符号をデータ符号に変換 (復調) する際に再生エラーを訂正すること。

【解決手段】 変換テーブル40のROMにおいては、上記正規チャネル符号およびこれに対応する上記特定誤りチャネル符号の値 (ビットパターン) にそれぞれ一致するそれぞれメモリアドレスA_j、A_i、A_kが割り当てられ、これらのメモリアドレスA_j、A_i、A_kに同一のデータ符号“00000010”が格納される。これにより、変換テーブル40に入力されたチャネル符号C (16) が上記正規チャネル符号“0010000100100000”であるときはもちろんのこと、上記特定誤りチャネル符号“0010000010100000”、“0100000100100000”であるときでも、変換テーブル40より同じデータ符号“00000010”が出力される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 Nビットのデータ符号をMビット ($M > N$) のチャンネル符号に変換してNRZI形式で記録または伝送し、再生されたMビットのチャンネル符号をNビットのデータ符号に変換するディジタル変調におけるデータ復調方式であって、

チャンネル符号をそれと対応するデータ符号に変換するための復調用の変換テーブルに、正規チャンネル符号のビットパターンにおいて1個または複数個の反転ビットをそれぞれ上位または下位へ所定の桁だけシフトして得られるビットパターンを有するチャンネル符号を前記正規チャンネル符号に対応する特定誤りチャンネル符号として設定し、

前記特定誤りチャンネル符号が再生されたときは、前記変換テーブルにおいて、前記特定誤りチャンネル符号をそれと対応する前記正規チャンネル符号が再生されたときと同じデータ符号に変換するようにしたデータ復調方式。

【請求項2】 Nビットのデータ符号をMビット ($M > N$) のチャンネル符号に変換してNRZI形式で記録または伝送し、再生されたMビットのチャンネル符号をNビットのデータ符号に変換するディジタル変調におけるデータ復調方法であって、

正規チャンネル符号とデータ符号とを対応づけた符号対応テーブルを作成する第1のステップと、

前記正規チャンネル符号に含まれる反転ビットを識別する第2のステップと、

前記正規チャンネル符号のビットパターンにおいて選択した反転ビットを上位もしくは下位へ所定の桁だけシフトさせる第3のステップと、

前記第3のステップにより得られたビットパターンを有するチャンネル符号を前記正規チャンネル符号に対応する特定誤りチャンネル符号とし、前記特定誤りチャンネル符号を前記正規チャンネル符号に対応するデータ符号に対応づけられるよう前記符号対応テーブルに追加する第4のステップと、

前記第4のステップにより得られた前記符号対応テーブルを基に、チャンネル符号をそれと対応するデータ符号に変換するための復調用の変換テーブルを作成する第5のステップとを有するデータ復調方法。

【請求項3】 前記第3のステップにより得られたビットパターンがいずれかの正規チャンネル符号のビットパターンと一致するか否かを判定する第6のステップと、前記第6のステップでいずれの正規チャンネル符号のビットパターンとも一致しないとの判定結果が得られたときは当該チャンネル符号を前記正規チャンネル符号に対応する特定誤りチャンネル符号とし、前記第6のステップでいずれかの正規チャンネル符号のビットパターンと一致するとの判定結果が得られたときは当該チャンネル符号を特定誤りチャンネル符号から外す第7のステップとを有する請求項2に記載のデータ復調方法。

【請求項4】 NRZI形式で再生されたMビットのチャンネル符号をNビット ($M > N$) のデータ符号に変換するデータ復調回路であって、

各チャンネル符号をそれと対応するデータ符号に変換するための復調用の変換テーブルを有し、

前記変換テーブルに、正規チャンネル符号を設定するとともに、前記正規チャンネル符号のビットパターンにおいて1個または複数個の反転ビットをそれぞれ上位または下位へ所定の桁だけシフトして得られるビットパターンを有するチャンネル符号を前記正規チャンネル符号に対応する特定誤りチャンネル符号として設定しており、

いずれかの正規チャンネル符号とビットパターンの一致する再生チャンネル符号が入力されたときは、その正規チャンネル符号に対応するデータ符号を出力し、

いずれかの特定誤りチャンネル符号とビットパターンの一致する再生チャンネル符号が入力されたときは、その特定誤りチャンネル符号に対応する正規チャンネル符号が入力されたときと同じデータ符号を出力するデータ復調回路。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ビット数の異なる2種類の符号間で符号変換を行うディジタル変調に係り、より詳細には復調側において再生エラーの出現確率を低減させる技術に関する。

【0002】

【従来の技術】図12および図13に、ディジタル記録再生システムによく用いられているEFM(Eight to Fourteen Modulation)の基本原理を示す。

【0003】記録信号処理部100は、たとえば記録すべきアプリケーションに応じたアナログ信号をA/D変換して8ビットのデータ符号(データ・ビット)を生成し、これに所定のフレームまたはブロック単位で誤り訂正符号を付加する。

【0004】EFM変調部102は、記録信号処理部100からの8ビットのデータ符号を図13に示すように14ビットのチャンネル符号(チャンネル・ビット)に変換する。この符号変換のために、EFM変調部102に設けられる変換(符号化)テーブルには、可能な全て($2^8 = 256$ 通り)のデータ符号とそれぞれ対応する同数(256個)のチャンネル符号が所定のビットパターンで設定されている。

【0005】チャンネル符号において論理値1のビットは記録または伝送波形の論理レベルの反転を示す反転ビットである。RLL(Run-Length Limited)符号の条件を満たすように、隣り合う2つの反転ビット1、1の間には2個以上、10個以下の0が挿入されていなければならない。このため、全部で $2^{14} = 16384$ 通りのパターンの中から上記RLL符号条件を満たす256個のパターンがEFMのチャンネル符号用に選択される。

【0006】EFM変調によって生成されるチャンネル符

号はNRZ (Non Return to Zero) の信号波形を有しているため、これをNRZI (Non Return to Zero Inverted) の信号波形に変換してから、記録再生部104において記録媒体に所定の記録方式（たとえば光記録方式、磁気記録方式等）で記録する。

【0007】再生側では、記録再生部104より読み出される再生信号がNRZI波形であるため、EFM復調部106においてNRZ波形のチャンネル符号に変換し、再生された各チャンネル符号（14ビット）をこれと対応するデータ符号（8ビット）に変換する。この符号変換のために、EFM復調部106には、EFM変調部102の変換（符号化）テーブルとは入出力関係が逆になっている変換（復号化）テーブルが設けられる。

【0008】再生信号処理部108は、EFM復調部106で再生されたデータ符号に先ず誤り訂正処理を施してから、アプリケーションに応じた所要のデジタル信号処理を施し、必要に応じてアナログ信号に変換する。

【0009】デジタル伝送システムにおいても、記録再生部104が伝送路系に置き換わる点が大きく異なるだけで、EFMの実施（適用）内容はほぼ同じである。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】実際の記録再生系あるいは伝送系では、種種の原因たとえば記録媒体や伝送路の欠陥または汚れ、信号の劣化、乱れまたはゆらぎ等により、記録したとおりのビットパターンでチャンネル符号が再生されないことが多々ある。たとえば、図13の例で、本来は“01000001001000”のパターンで再生されなければならないチャンネル符号がランダムエラーによって“01000001010000”のパターンで再生されることがある。

【0011】EFM復調部106においては、変換（復号化）テーブルに登録されていないパターン（EFMアウトオブテーブル）の再生チャンネル符号を入力したときは、変換不能とし、所定のエラー符号を発生する。この場合、再生信号処理部108における誤り訂正処理により、誤った再生パターン“01000001010000”を正しいパターン“01000001001000”に補正することは可能ではある。

【0012】しかしながら、たとえば再生または伝送速度を高くすると、それだけエラーの発生する頻度つまりEFMアウトオブテーブルの発生頻度も多くなるため、それに誤り訂正処理が追いつけなくなって訂正不能となることもあり、ひいてはシステムの信頼性が低下するおそれがある。

【0013】本発明は、上記のような従来技術の問題点に鑑みてなされたもので、チャンネル符号をデータ符号に変換（復調）する際に再生エラーを訂正するようにしたデジタル変調におけるデータ復調方式、データ復調方法およびデータ復調回路を提供することを目的とする。

【0014】また、本発明は、特別なハードウェアの増

大を必要とすることなく再生エラーを効率的に訂正するようにしたデジタル変調におけるデータ復調方式、データ復調方法およびデータ復調回路を提供することを目的とする。

【0015】さらに、本発明は、誤り訂正の前で再生エラーの出現確率を低くして、誤り訂正の負担を軽減し、記録再生または伝送システムの信頼性を向上させるようにしたデジタル変調におけるデータ復調方式、データ復調方法およびデータ復調回路を提供することを目的とする。

【0016】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために、本発明の第1のデータ復調方式は、Nビットのデータ符号をMビット（ $M > N$ ）のチャンネル符号に変換してNRZI形式で記録または伝送し、再生されたMビットのチャンネル符号をNビットのデータ符号に変換するデジタル変調におけるデータ復調方式であって、チャンネル符号をそれと対応するデータ符号に変換するための復調用の変換テーブルに、正規チャンネル符号のビットパターンにおいて1個または複数個の反転ビットをそれぞれ上位または下位へ所定の桁だけシフトして得られるビットパターンを有するチャンネル符号を前記正規チャンネル符号に対応する特定誤りチャンネル符号として設定し、前記特定誤りチャンネル符号が再生されたときは、前記変換テーブルにおいて、前記特定誤りチャンネル符号をそれと対応する前記正規チャンネル符号が再生されたときと同じデータ符号に変換する方式とした。

【0017】本発明のデータ復調方法は、Nビットのデータ符号をMビット（ $M > N$ ）のチャンネル符号に変換してNRZI形式で記録または伝送し、再生されたMビットのチャンネル符号をNビットのデータ符号に変換するデジタル変調におけるデータ復調方法であって、正規チャンネル符号とデータ符号とを対応づけた符号対応テーブルを作成する第1のステップと、前記正規チャンネル符号に含まれる反転ビットを識別する第2のステップと、前記正規チャンネル符号のビットパターンにおいて選択した反転ビットを上位もしくは下位へ所定の桁だけシフトさせる第3のステップと、前記第3のステップにより得られたビットパターンを有するチャンネル符号を前記正規チャンネル符号に対応する特定誤りチャンネル符号とし、前記特定誤りチャンネル符号を前記正規チャンネル符号に対応するデータ符号に対応づけられるよう前記符号対応テーブルに追加する第4のステップと、前記第4のステップにより得られた前記符号対応テーブルに基づいて、チャンネル符号をそれと対応するデータ符号に変換するための復調用の変換テーブルを作成する第5のステップとを有する方法とした。

【0018】本発明のデータ復調回路は、NRZI形式で再生されたMビットのチャンネル符号をNビット（ $M > N$ ）のデータ符号に変換するデータ復調回路であって、

各チャンネル符号をそれと対応するデータ符号に変換するための復調用の変換テーブルを有し、前記変換テーブルに、正規チャンネル符号を設定するとともに、前記正規チャンネル符号のビットパターンにおいて1個または複数個の反転ビットをそれぞれ上位または下位へ所定の桁だけシフトして得られるビットパターンを有するチャンネル符号を前記正規チャンネル符号に対応する特定誤りチャンネル符号として設定しており、いずれかの正規チャンネル符号とビットパターンの一致する再生チャンネル符号が入力されたときは、その正規チャンネル符号に対応するデータ符号を出力し、いずれかの特定誤りチャンネル符号とビットパターンの一致する再生チャンネル符号が入力されたときは、その特定誤りチャンネル符号に対応する正規チャンネル符号が入力されたときと同じデータ符号を出力する構成とした。

【0019】

【発明の実施の形態】以下、図1～図11を参照して本発明の実施例を説明する。

【0020】図1に、本発明の一実施例を適用したDVD (Digital Versatile Disk) 再生装置の主要な構成を示す。

【0021】DVDディスク10は中心孔を有する光ディスクであり、その信号記録面（片面または両面）にはビットの列を同心円状（厳密にはスパイラル状）に並べたトラックが形成されている。

【0022】DVDでは、デジタル変調（記録符号化または伝送路符号化）方式として、EFMplusを採用している。EFMplusは、8ビットのデータ符号と16ビットのチャンネル符号との間で符号変換を行う変調方式である。EFMと同様に、EFMplusでも、RLL符号条件を満たすように、チャンネル符号において反転ビットの1と1の間に非反転ビットの0が2個以上、10個以下で挿入される。

【0023】したがって、記録波形（NRZIの信号波形）についてみると、チャンネル符号のパターンは論理値1のレベルと論理値0のレベルとがそれぞれ3T～11T（Tは1ビット分の長さ）の9通りの長さで交互に入れ替わるような波形パターンとなる。これに対応して、記録媒体としてのDVDディスクのトラック上には9通りのビット長および9通りのランド長（ビットでない部分の長さ）でビットの列が形成される。

【0024】このように、DVDディスク10の信号記録面には、EFMplus方式でデジタル変調されたデータがトラック上のビット列の形態で予め記録されている。記録されるデータは、本DVD再生装置がムービープレーヤの場合はオーディオデータを含む動画データであってよく、ROMドライブの場合は一般のコンピュータで扱う任意のデータであってよい。

【0025】DVDディスク10は、スピンドルモータ12の回転軸に結合されているスピンドルに装着され、

信号再生時にはCLV (Constant Linear Velocity) 方式により所定の線速度で回転する。

【0026】DVDディスク10の信号記録面と対向してディスク半径方向に移動可能な光ピックアップ14が設けられている。光ピックアップ14は、ディスク10のビットを光学的に読み取るために信号記録面にレーザ光LBを照射し、信号記録面からの反射光を検出して光電変換し、ビット列の凹凸パターンに対応した波形を有する電気信号またはRF信号を生成する。

【0027】光ピックアップ14より出力されたRF信号はRFアンプ16に供給され、ここでNRZI波形に2値化（波形整形）される。さらに、RFアンプ16では、RF信号からフォーカス誤差信号Efおよびトラッキング誤差信号Etも生成される。

【0028】サーボコントローラ18は、RFアンプ16からのフォーカス誤差信号Efおよびトラッキング誤差信号Etに基づいて、ディスク10上でレーザ光LBのビームスポットがビットに正確に集束し、かつトラック（ビット列）を正確に追跡するように光ピックアップ14の位置を調節し（フォーカス／トラッキングサーボ）、さらには一定の線速度でトラック上のビットを読み取るようにスピンドルモータ12の回転速度を制御する（スピンドルサーボ）。

【0029】RFアンプ16からのNRZI波形のRF信号Srfは、クロック再生回路20と同期信号検出回路22とに供給される。クロック再生回路20は、PLL (Phase Locked Loop) からなり、RF信号Srfに同期したEFMクロック信号CKを再生する。同期信号検出回路22は、クロック信号CKを基にRF信号Srfからフレーム同期信号を検出し、復調用のタイミング信号TMを生成する。

【0030】EFM復調回路24は、クロック再生回路20からのクロック信号CKと同期信号検出回路22からのRF信号Srfおよびタイミング信号TMとを入力し、後述するように、RF信号Srfから16ビットのチャンネル符号C(16)を再生し、再生したチャンネル符号C(16)を8ビットのデータ符号D(8)に変換する。

【0031】EFM復調回路24より得られた再生データ符号D(8)はいったんRAM28に格納される。誤り訂正回路26は、セクタ単位、ECCブロック単位の同期信号を検出し、1EECブロック分の再生データ符号D(8)がRAM28に蓄えられたなら、所定の手順でエラー符号を検出し、かつ訂正する。

【0032】誤り訂正回路26でエラー訂正を施されたデータ符号D(8)つまりデジタル信号は、インタフェース回路(I/F)30を介してMPEGデコーダ（ムービープレーヤの場合）あるいはホストコンピュータ（ROMドライブの場合）へ転送される。

【0033】図2に、本実施例におけるEFM復調回路24の構成を示す。このEFM復調回路24は、NRZ

変換回路32、シリアル-パラレル(SP)変換回路34、ディレイ回路36、OR回路38および変換テーブル40を有している。変換テーブル40は、たとえばROM(Read Only Memory)で構成されている。

【0034】NRZ変換回路32は、入力したNRZ1形式のRF信号をNRZ形式のシリアルデータに変換する。具体的には、入力RF信号とそれを1クロック遅延させた信号との排他的論理和($E \times O R$)演算によって、NRZ1 \rightarrow NRZの変換を行う。

【0035】シリアル-パラレル変換回路34は、同期信号検出回路22からのフレーム同期信号を基準とするタイミング信号TMに基づいて、NRZ形式のシリアルデータを16ビットずつパラレルデータに変換し、変換した16ビットのパラレルデータを再生チャンネル符号C(16)とする。

【0036】シリアル-パラレル変換回路34で生成されたチャンネル符号C(16)はディレイ回路36に入力される。また、チャンネル符号C(16)の最上位と下位4番目の2つのビットがOR回路38に入力される。

【0037】したがって、変換テーブル40には、ディレイ回路36で1シンボル分だけ遅らされたチャンネル符号C(16)と、その次のシンボルまたはチャンネル符号C(16)における最上位と下位4番目の2ビットの論理和を表すOR回路38の出力(1ビット)とが同時に入力される。

【0038】EFMplusでは、複数の異なるデータ符号に対して同一のチャンネル符号を設定することもある。このため、変換テーブルを4組の単位テーブルで構成する。

【0039】データ符号D(8)をチャンネル符号(16)に変換するためのEFM変調部側の変換(符号化)テーブルにおいては、1回の符号変換の度に次に使われるテーブルが決まる仕組みで4つのテーブルが切り替えられる。

【0040】一方、チャンネル符号(16)をデータ符号D(8)に変換するためのEFM復調部側の変換(復号化)テーブルにおいては、入力(再生)したチャンネル符号に対して複数の異なるデータ符号が存在することもあり得るため、1つ後のシンボル(チャンネル符号)の最上位ビットと下位4番目のビットの値(論理和)をみて、該当するテーブルに切り替える。

【0041】本実施例においても、変換テーブル40は、上記のように4組のテーブルで構成されてよく、OR回路38の出力に応じて上記のようなテーブル切り替えを行う機能を有してよい。もっとも、本発明の主題は、このようなテーブル切り替え機能ではなく、個々のテーブルのデータ構造ないし符号変換機能にある。したがって、以下では、変換テーブル40を1組のテーブルとみなして説明する。

【0042】変換テーブル40は、入力したチャンネル符号C(16)を入力アドレスとし、そのアドレスで指定され

るROMの記憶番地に格納されているデータつまり8ビットのデータ符号D(8)を読み出して出力する。

【0043】本実施例の変換テーブル40は、EFM変調部(図示せず)の符号化テーブルに使用または選択されている正規チャンネル符号の全部についてそれぞれの値にROMのアドレスを割り当て、割り当てた各アドレスで指示されるROMの記憶番地に当該正規チャンネル符号に対応するデータ符号を格納している。したがって、いずれかの正規チャンネル符号C(16)が変換テーブル40に入力されたときは、その正規チャンネル符号C(16)に対応するデータ符号D(8)が変換テーブル40より出力されるようになっている。

【0044】さらに、本実施例の変換テーブル40では、全部または一部の正規チャンネル符号の各々について、そのビットパターンに近いビットパターンを有する1個または複数個の非正規チャンネル符号を当該正規チャンネル符号に対応する特定誤りチャンネル符号として定義し、それら特定誤りチャンネル符号の値にもROMアドレスを割り当てるとともに、それらの割り当てたアドレスのROMの記憶番地には上記正規チャンネル符号に対応するデータ符号を格納している。

【0045】たとえば、図3に示すように、“0010000100100000”のビットパターンを有する正規チャンネル符号が設定され、これに対応するデータ符号が“00000010”であるとする。本実施例においては、この正規チャンネル符号のビットパターンにおいて、たとえば上位8番目の反転ビット1を下位(右)へ1桁だけシフトしてなるビットパターン“0010000010100000”あるいは上位2番目の反転ビット1を上位(左)へ1桁だけシフトしてなるビットパターン“0100000100100000”を当該正規チャンネル符号に対応する特定誤りチャンネル符号と定義する。そして、これらの誤りチャンネル符号“0010000010100000”、“0100000100100000”にも同じデータ符号“00000010”を対応させる。

【0046】したがって、図4のメモリマップで示すように、変換テーブル40のROMにおいては、上記正規チャンネル符号およびこれに対応する上記特定誤りチャンネル符号の値(ビットパターン)にそれぞれ一致するそれぞれメモリアドレスA_j、A_i、A_kが割り当てられ、これらのメモリアドレスA_j、A_i、A_kに同一のデータ符号“00000010”が格納される。

【0047】これにより、変換テーブル40に入力されたチャンネル符号C(16)が上記正規チャンネル符号“0010000100100000”であるときはもちろんのこと、上記特定誤りチャンネル符号“0010000010100000”、“0100000100100000”であるときでも、変換テーブル40より同じデータ符号“00000010”が出力される。

【0048】なお、いずれの正規チャンネル符号にもいずれの特定誤りチャンネル符号にも該当しないチャンネル符号C(16)が変換テーブル40に入力されたときは、EFM

アウトオブテーブルとして処理し、たとえば“1111111” (“FF”) のビットパターンを有するエラー符号を出力する。

【0049】上記したように、DVDで採用するEFM plus方式では、16ビットのチャンネル符号が、 $2^{16} = 65536$ 通りの中から、反転ビットの1と1の間に2個以上、10個以下の非反転ビット0が入っているようなビットパターンだけが記録再生用の正規のチャンネル符号に選ばれる。そして、かかるチャンネル符号はNRZI形式で記録再生されるため、NRZIの信号波形についてみると、論理値1のレベルと論理値0のレベルとがそれぞれ3T～11Tの9通りの長さで交互に入れ替わるような波形パターンを有する。

【0050】このようなEFM plus方式の条件下では、再生時に出現する種々のエラーの中でも、反転ビットの1がシフトするようなエラーが多い。特に、ディスク10を高速回転させて再生速度を上げるような場合には、周波数特性が劣化したリクロック再生用のPLLでジッタを起こしやすい。

【0051】たとえば、周波数特性の劣化により高域でゲインが落ちると、3Tパターンといった周波数の高いデータ列は低いレベルで再生され、再生RF信号の立ち上がり特性が劣化しやすい。

【0052】そうすると、図5に示すように、NRZI波形において“01110”という3Tパターンが“00110”となって再生されることがある。この種のエラーは、NRZ形式についてみると、“1001”という3Tパターンの中で最上位桁の1が下位(右)へ1桁シフトしたようなものである。

【0053】また、再生系の位相特性の劣化やノイズ等の影響によりPLLが乱れると、たとえば図6に示すように、NRZI波形において正しくは“...0011...”と再生されるべきRFデータが“...0111...”と誤って再生されてしまうことがある。NRZ形式についてみると、正しくは“...010...”というパターンが“...100...”というパターンに誤ったものである。つまり、反転ビットの1が上位(左)へ1桁シフトしたようなものである。

【0054】なお、図5および図6では、RF信号を2値化(波形整形)する前の信号波形で示している。

【0055】このように、DVDの再生システムでは、NRZ形式に復元したチャンネル符号についてみると、本来再生されるべき正規チャンネル符号のビットパターンにおいていずれか1つまたは複数の反転ビット1が上位(左)または下位(右)へシフトしたようなエラーが多い。このようなエラーは、そのビットパターン自体から直接的に、つまり特別の冗長符号や他の符号を伴うことなく、本来(正規)のビットパターンを推定または割出可能にするものである。

【0056】本実施例のDVD再生装置においては、EFM復調用の変換(復号化)テーブル40に、EFM変

調用の符号化テーブルで使用または選択されている正規チャンネル符号を設定するだけでなく、正規チャンネル符号のビットパターンと少ししか違わない(より詳細には反転ビットの1を少しシフトしただけの)ビットパターンを有する所定の非正規チャンネル符号も特定誤りチャンネル符号として設定し、各組の正規チャンネル符号および特定誤りチャンネル符号に同じデータ符号を割り付けている。

【0057】そして、入力した再生チャンネル符号C(16)のビットパターンがいずれかの正規チャンネル符号のビットパターンに一致するときは該正規チャンネル符号に割り付けられているデータ符号D(8)を出力し、再生チャンネル符号C(16)のビットパターンがいずれかの特定誤りチャンネル符号のビットパターンに一致するときはその特定誤りチャンネル符号に割り付けられているデータ符号D(8)つまりその特定誤りチャンネル符号に対応する該正規チャンネル符号に割り付けられているのと同じデータ符号D(8)を出力する。

【0058】このような変換テーブル40におけるエラー訂正機能により、EFMアウトオブテーブルの出現確率が大幅に減少し、そのぶん後段の誤り訂正回路26の訂正能力に余裕が生まれる。このため、高速再生時でも、安定かつ強力なエラー訂正動作を保証し、信頼性の高いDVD再生システムを提供することができる。

【0059】次に、図7～図10につき本実施例の変換テーブル40に設定するチャンネル符号C(16)ーデータ符号D(8)を決定するためのデータ処理を説明する。

【0060】図7に示すように、このテーブル符号を設定するためのシステムは、たとえばCPU42、プログラムメモリ44、ワーキングメモリ46、入力装置48およびインタフェース回路(I/F)50で構成することができる。プログラムメモリ44には、後述する図8～図10の手順を実行するためのプログラムが格納される。ワーキングメモリ46は、半導体メモリまたは磁気ディスク等からなるRAM(Random Access Memory)装置であってよい。インタフェース回路(I/F)50には図示しない各種の周辺装置が接続されてよい。

【0061】このシステムでは、特定誤りチャンネル符号をパターン別に類型化して、各類に優先順位をつけ、優先順位の高い方から順に設定登録する。この例では、①正規チャンネル符号のビットパターンにおいていずれか1個の反転ビット1が下位(右)へ1桁シフトしたもの、②正規チャンネル符号のビットパターンにおいていずれか1個の反転ビット1が上位(左)へ1桁シフトしたもの、③正規チャンネル符号のビットパターンにおいていずれか1組の3Tパターン(“1001”)の両端の反転ビット1、1が同時に内側に1桁シフトしたものの3つの類型を選択し、①、②、③の順位に特定誤りチャンネル符号を設定登録する。

【0062】図8に、上記①の類型に対する設定処理の手順を示す。なお、設定処理に先立ち、ワーキングメモ

り46上に2つの符号対応テーブル60、70を用意する。そして、EFM変調で使用または選択された全て(256組)の正規チャンネル符号C(16)およびデータ符号D(8)を各符号間(C(16)-D(8))の対応関係をもたせたテーブル形式で両テーブル60、70にセットする。このようなオリジナル(256組)の正規チャンネル符号C(16)およびデータ符号D(8)は、フォーマット(既知データ)として得られるものであり、入力装置48より、または外部周辺装置よりインタフェース回路50を介して両テーブル60、70にロード(セット)される。

【0063】両符号対応テーブル60、70のうち、一方のテーブル60はその登録内容を変更または更新することなく維持し、他方のテーブル70は特定誤りチャンネル符号を設定登録してその度毎に登録内容を更新するようになっている。

【0064】図8において、先ずテーブル60に格納されている1番目の組の正規チャンネル符号C(16)“0010010000010000”およびデータ符号D(8)“00000000”を読み出す(ステップS1)。

【0065】次に、その読み出した正規チャンネル符号C(16)のビットパターンをたとえば最上位側からサーチして反転ビットの1を1個(この例では上位3番目の桁の1)を見つける(ステップS2)。

【0066】次に、この見つけた反転ビット1を下位(右)へ1桁シフトさせ、それによって得られたビットパターン“0001010000010000”を特定誤りチャンネル符号候補C(16)′として保持する(ステップS5)。

【0067】次いで、この特定誤りチャンネル符号候補C(16)′をテーブル60内の正規チャンネル符号C(16)と比較(照合)する(ステップS6)。

【0068】この照合の結果、いずれの正規チャンネル符号C(16)にも一致するものでないことが確認されたなら、この特定誤りチャンネル符号候補C(16)′を特定誤りチャンネル符号と認定して、これに当該正規チャンネル符号C(16)と同じデータ符号D(8)“00000000”を対応づけ、この新たな1組の符号C(16)′、D(8)をテーブル70に追加する(ステップS9)。

【0069】そして、再びステップS2のサーチ処理に戻って次の反転ビット1を見つけ出し、その反転ビット1について上記と同様の処理を繰り返す。なお、ステップS6の照合で、特定誤りチャンネル符号候補C(16)′がいずれかの正規チャンネル符号C(16)に一致するものであったときは、この特定誤りチャンネル符号候補C(16)′の登録を取り止める(ステップS7→S8)。また、サーチ処理(ステップS2)で次の反転ビット1が見つからなかったときは、この先頭の正規チャンネル符号C(16)についての処理を終了し、次の2番目の正規チャンネル符号C(16)に対する処理に移る(ステップS3→S4)。

【0070】2番目の正規チャンネル符号C(16)“010000

1001000010”およびデータ符号D(8)“00000001”についても上記と同じ手順で一連の処理を行う(ステップS1→…→S10)。3番目以降についても同様である。

【0071】その結果、最後(256番目)の組に対する処理が終了すると、テーブル70には、オリジナルデータとしての全ての正規チャンネル符号に加えて、正規チャンネル符号のビットパターンにおいていずれか1個の反転ビット1を下位(右)へ1桁シフトして得られるビットパターンを有する全ての非正規チャンネル符号が特定誤りチャンネル符号として追加登録される。

【0072】図9に、上記②の類型に対する設定処理の手順を示す。この処理手順は、ステップS15で反転ビットの1を上位(左)へ1桁シフトする点と、ステップS16で特定誤りチャンネル符号候補C(16)′と比較(照合)されるものがテーブル70内の正規チャンネル符号および既登録の特定誤りチャンネル符号である点を除いて、上記した類型①に対する処理手順(図8)と同じである。

【0073】その結果、この類型②に対する処理手順(図9)が終了すると、テーブル70には、上記類型②に該当し、かつ正規チャンネル符号にも上記類型①にも該当しないような非正規チャンネル符号が特定誤りチャンネル符号として追加登録される。

【0074】図10に、上記③の類型に対する設定処理の手順を示す。この処理手順のステップS25において、3Tパターン(“1001”)の両端の反転ビット1、1を同時に内側に1桁シフトして得られるビットパターンは、正規チャンネル符号のビットパターンに存在しないのはもちろんのこと、先に追加登録されている類型①、②の特定誤りチャンネル符号のビットパターンにもあり得ないものである。したがって、それら既登録パターンとの照合を行うことなく、直ちにテーブル70に設定登録する(ステップS26)。

【0075】上記した3つの類型①、②、③以外にも種類の誤りパターンを有する非正規チャンネル符号を特定誤りチャンネル符号としてテーブル70に追加登録することが可能である。たとえば、正規チャンネル符号のビットパターンにおいて全ての反転ビット1を同時に上位(左)または下位(右)へシフトさせて得られるようなビットパターンも特定誤りチャンネル符号とすることが可能である。また、シフト量を2桁以上とすることも可能である。もっとも、1つの正規チャンネル符号に対応する特定誤りチャンネル符号の範囲を広げすぎると、他の正規チャンネル符号との距離関係または抵触関係が複雑になり、適確なエラー訂正が難しくなることもある。

【0076】上記のようなデータ処理システム(図7)で得られた符号対応テーブル70は適当な記憶媒体に蓄積されてよい。そして、この符号対応テーブル70を基に本実施例におけるEFM変調回路24の変換テーブル40を作成してよい。

【0077】図11には、本実施例における変換テーブ

ル 40 を作成するための製作工程の一例を示す。変換テーブル 40 をマスク ROM として製作する場合には、機能・論理設計 74 の段階で符号対応テーブル 70 を基に ROM プログラムデータを作成することができる。この場合、LSI 製造 80 のウエハ工程において該マスク ROM がプログラミングされ、変換テーブル 40 が作成される。

【0078】なお、ROM アドレスのうち正規チャンネル符号にも特定誤りチャンネル符号にも割り付けられていないアドレスは EFM アウトオブテーブルとし、これらのアドレスで指定される ROM の記憶番地にはエラー符号のデータ（“FF”）を書き込んでおく。

【0079】本実施例の DVD 再生装置においては、クロック再生回路 20、同期信号検出回路 22、EFM 変調回路 24、誤り訂正回路 26 およびインタフェース回路 30 を 1 チップの LSI として製作することができる。

【0080】以上本発明の好適な実施例について説明したが、本発明は上記した実施例に限定されるものではなく、その技術的思想の範囲内で種種の変形が可能である。

【0081】上記実施例では、変換テーブル 40 に登録する各チャンネル符号の値をそのまま ROM アドレスに用いた。しかし、間接な仕方でも、たとえば所定のオフセットを介在させる方法で登録チャンネル符号と ROM アドレスとを対応させてもよい。

【0082】変換テーブル 40 をプログラム ROM や EPROM 等で構成してもよく、RAM で構成することも可能である。また、メモリの代わりにロジックアレイで変換テーブル 40 を構成することももちろん可能である。

【0083】従来より、ビダビアルゴリズム（最尤復号法）を用いて再生エラーを低減するようにした DVD 用の復号回路が知られている。この種の復号回路は、高速の A/D コンバータを必要とし、回路規模も大きい。これに対し、本実施例では、復号用の変換テーブル 40 における符号変換方式の工夫によってハードウェアの増加無しに再生エラーを効果的に低減する。もっとも、ビダビ方式の復号回路と本実施例による変換テーブル 40 を併用することも可能である。

【0084】一般にデジタル変調では誤り訂正符号（パリティ）を用いた誤り訂正を行うのが普通であるが、本発明はパリティ方式の誤り訂正から独立して各種のシステムに適用することが可能である。

【0085】上記した実施例は DVD 再生装置に係るものであったが、本発明は EFM 方式およびこれに類似する（実質的に均等な）他の任意のデジタル記録再生システムたとえば CD（Compact Disc）システムやデジタル伝送システムにも適用可能である。

【0086】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、チャンネル符号をデータ符号に変換（復調）する際に再生エラーを訂正することができる。本発明は、特別なハードウェアの増大を必要としない。また、誤り訂正符号に基づいた誤り訂正を行う場合は、誤り訂正の前で再生エラーの出現確率を低くして、誤り訂正の負担を軽減することができる。本発明によれば、記録再生または伝送システムの信頼性を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の一実施例による DVD 再生装置の主な構成を示すブロック図である。

【図 2】実施例における EFM 変調回路の構成を示すブロック図である。

【図 3】実施例における特定誤りチャンネル符号の設定方法を説明するための図である。

【図 4】実施例において変調テーブルの ROM に設定されるアドレスおよび記憶データの配置を示す図である。

【図 5】RF 信号の劣化による再生エラーを信号波形およびタイミングで示す図である。

【図 6】クロックの劣化による再生エラーを信号波形およびタイミングで示す図である。

【図 7】実施例において変調テーブルに設定登録される特定チャンネル符号を決定するためのシステムのハードウェア構成を示すブロック図である。

【図 8】実施例において変調テーブルに設定登録される特定チャンネル符号を決定するための第 1 の手順を示すフローチャート図である。

【図 9】実施例において変調テーブルに設定登録される特定チャンネル符号を決定するための第 2 の手順を示すフローチャート図である。

【図 10】実施例において変調テーブルに設定登録される特定チャンネル符号を決定するための第 3 の手順を示すフローチャート図である。

【図 11】実施例における変換テーブルを作成するための製作工程例を示す図である。

【図 12】EFM の基本原理を説明するためのブロック図である。

【図 13】EFM の基本原理を説明するための信号波形図である。

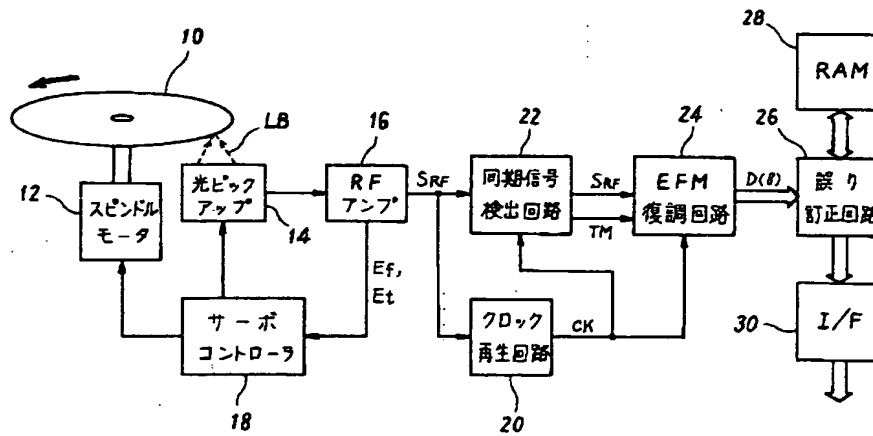
【符号の説明】

- 10 DVD ディスク
- 14 光ピックアップ
- 16 RF アンプ
- 22 同期信号検出回路
- 24 EFM 復調回路
- 26 誤り訂正回路
- 28 RAM
- 32 NRZ 変換回路
- 34 シリアル-パラレル変換回路
- 36 ディレイ回路

38 OR回路
40 変換テーブル
42 CPU

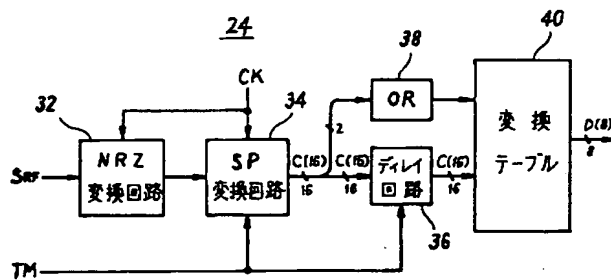
44 プログラムメモリ
48 入力装置
60, 70 符号対応テーブル

【図1】

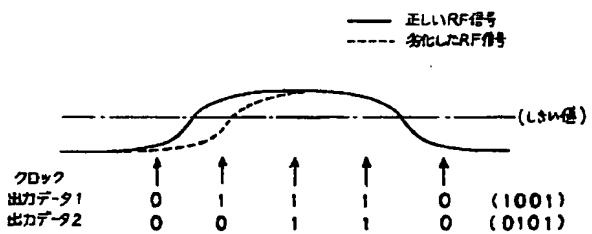


【図2】

【図5】



【図3】



正規チャンネル符号

データ符号

“00100000100100000” → “00000010”

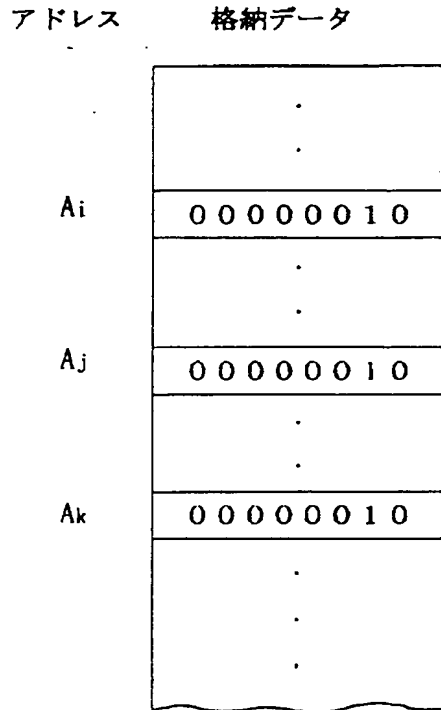
対応する誤りチャンネル符号

データ符号

“00100000010100000” → “00000010”

“01000000100100000” → “00000010”

【図4】

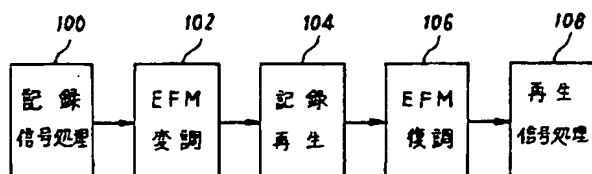


A_j = "0010000100100000"

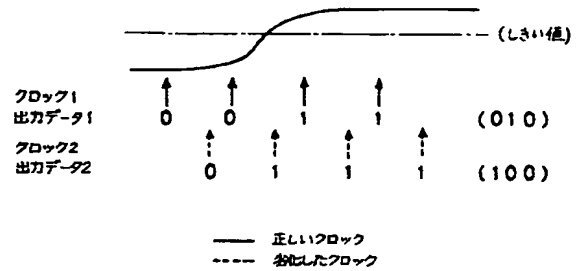
A_i = "0010000010100000"

A_k = "0100000100100000"

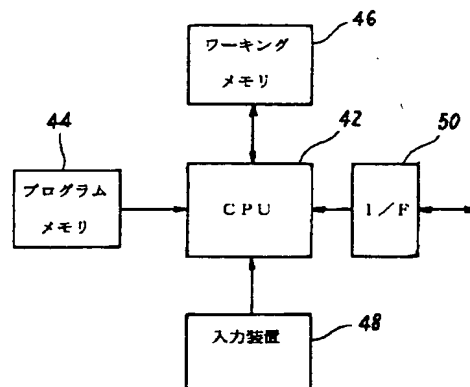
【図12】



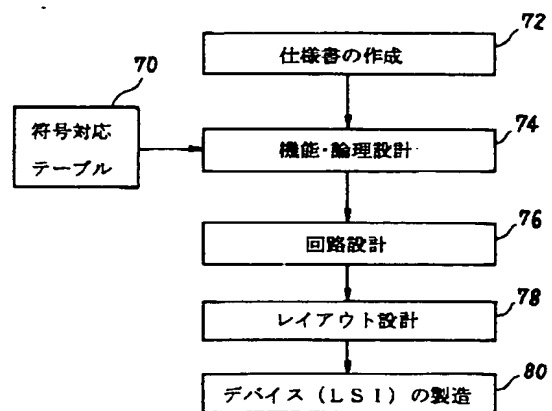
【図6】



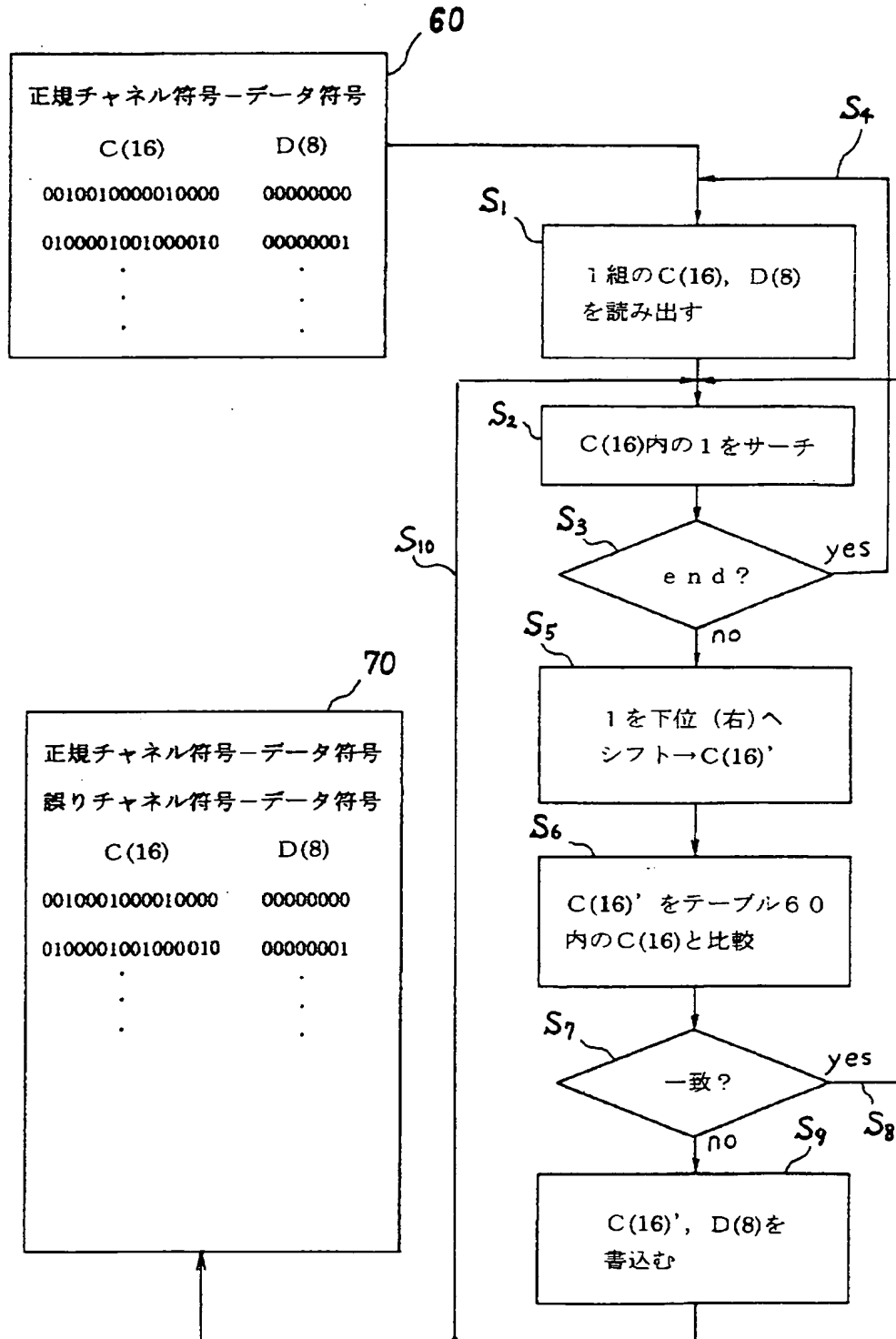
【図7】



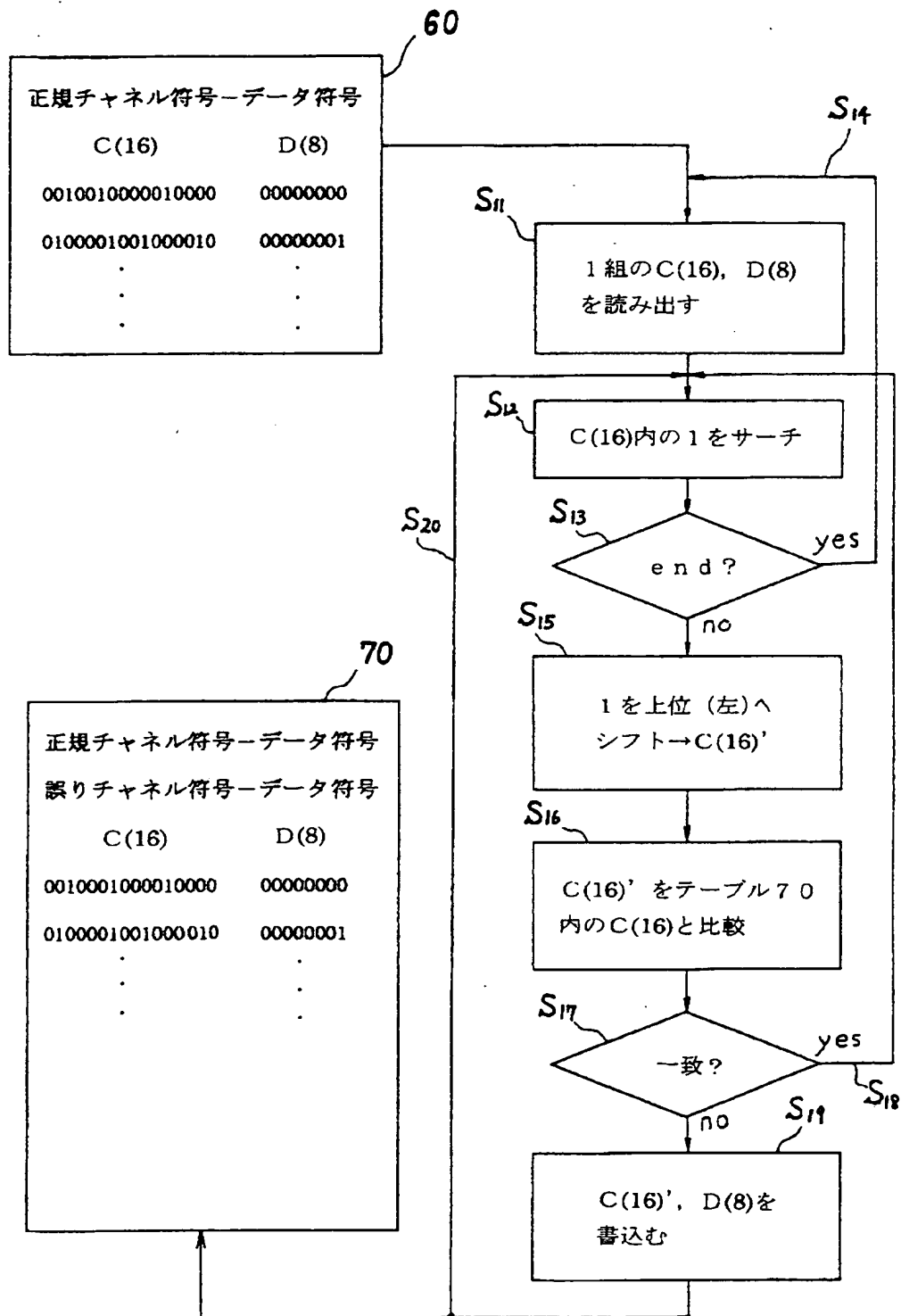
【図11】



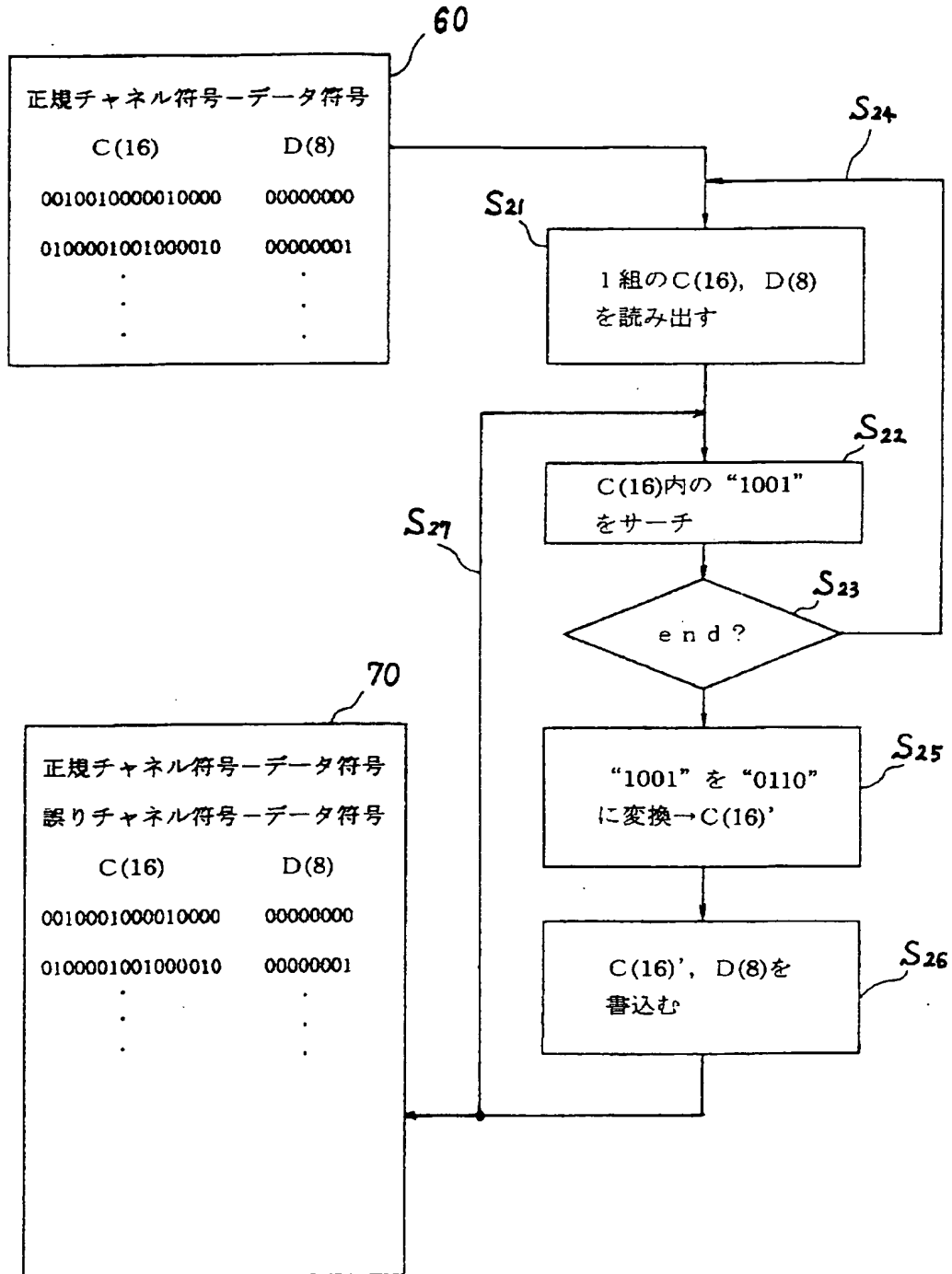
【図8】



【図 9】



【図10】



【図13】

